

金沢大学大学院 学生会員 今村哲史

金沢大学工学部 正会員 五十嵐心一

金沢大学工学部 フェロー 川村満紀

1. 序論

RPC(Reactive Powder Concrete)は超低水セメント比、粉体の最密充填、硬化後の熱処理などを基本原理としてつくられた、超高強度かつ緻密な微視的構造を有するセメント系材料である。しかし、RPC は通常のコンクリートと同様に、高強度になるにつれて、より脆性的な破壊形態を示すようになる。これを抑制し、靱性を確保するという観点から繊維を混入した繊維補強 RPC が開発されている。しかし、より均質な組織を有する超高強度モルタルをマトリックスとする場合、繊維補強効果は低強度マトリックスの場合とは異なることも予想されるが、最適繊維混入率など、配合設計に関する詳細な点は明らかにされていない。

そこで、本研究においては、RPC に鋼繊維を混入し、その繊維混入率を変化させた鋼繊維補強 RPC の基本的な力学的特性について実験的に検討する。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

使用したセメントはビーライトセメント(略号 C)である。骨材は 6 号珪砂 (S₁) および 8 号珪砂 (S₂)

の 2 種類を使用した。シリカフューム (SF) の混入率はセメント量に対して 25% とした。減水剤はポリカルボン酸系の高性能 AE 減水剤(SP)をセメント重量の 4% 使用した。水結合材比は 0.18 である。また、鋼繊維として直径 0.15mm、繊維長 13mm の異形加工されていないストレート繊維を使用した。配合を表-1 に示す。

2.2 供試体作製および養生方法

(i)圧縮強度試験 JIS R 5201 および JSCE-F506 に準じて直径 50mm、高さ 100mm の円柱供試体を作製した。設定した養生温度は 20℃および 90℃の水中養生、200℃の高温常圧養生で、材齢 7 日にて圧縮強度試験を行なった。20℃および 90℃の養生を行なう場合は打設後 24 時間で脱型し、その後、養生温度 20℃の場合は材齢 7 日まで水中養生を行なった。また、90℃の場合は脱型後 2 日間 20℃の水中養生を行ない、その後材齢 7 日まで 90℃の温水にて養生を行なった。養生温度 200℃のものは打設後 24 時間にて脱型せずに、2 日間の水中養生を行ない、その後材齢 7 日まで 200℃の高温炉内にて養生を行なった。なお、高温炉に入れる際に、供試体上面からの乾燥を防ぐためにセメントペーストによるキャッピングを行なった。

(ii)曲げ強度試験 JIS-SF 2 に準じて、40×40×160mmの角柱供試体を作成した。設定した養生温度は(i)と同様に、20℃、90℃および 200℃である。曲げ強度試験は JIS-SF 4 に準じて、中央点載荷法により曲げ強度を求めた。また、曲げ強度試験時に、載荷点たわみを計測して、荷重たわみ曲線を記録し、曲げタフネスを求めた。曲げタフネスは、たわみが 150 分の 1 となるまでの荷重たわみ曲線下の面積と定義した。

3. 結果および考察

表-2 にフロー試験結果を示す。通常の繊維補強コンクリートよりも大きな混入率で繊維を混入しても、ファイバーボールが形成されることはなく、またフローの低下も認められず、打設時には十分なワーカビリティ

表-1 RPC の配合(kg/m³)

W/B	C	SF	S ₁	S ₂	W	SP	V _f (%)
0.18	1000	250	500	400	225	4%/C	0
							1
							1.5
							2
							2.5

表-2 フロー試験結果

繊維混入率(%)	フロー
0	210
1	210
1.5	200
2	223
2.5	209

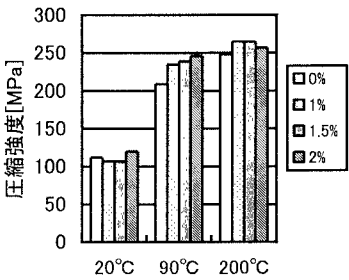


図-1 圧縮強度試験結果

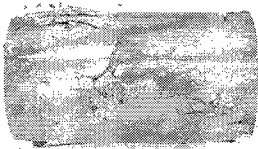


図-2 供試体写真

一が確保されていたということが分かる。

図-1 は材齢 7 日における圧縮強度試験結果を示したものである。養生温度 20℃においては繊維を混入することによる圧縮強度の相違は認められないが、90℃および 200℃においては、繊維混入により圧縮強度は若干増大している。

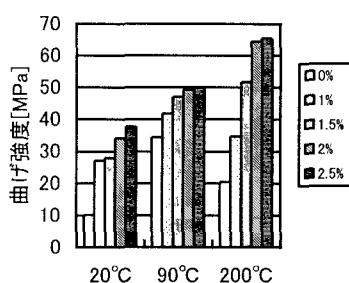


図-3 曲げ強度試験結果

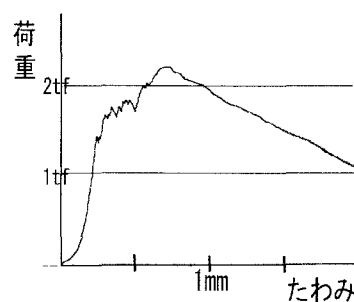


図-4 荷重たわみ曲線

図-2 は養生温度 200℃、繊維混入率 2%の圧縮強度試験の試験後の供試体を示している。鋼繊維無混入の供試体は非常に脆性的な破壊を起こし、破壊時には細かな破片となって飛散してしまうが、図から明らかな様に、繊維の混入により、破壊後も供試体の原形をとどめており、圧縮タフネスが増大したことは明らかである。

図-3 は材齢 7 日における曲げ強度試験結果を示したものである。各養生温度とも繊維混入率が増加するにしたがい、曲げ強度は増大するが、マトリックス強度の低い方が、繊維混入による強度増加の割合が大きくなっている。

図-4 は繊維混入率が 2%、養生温度 90℃の供試体における荷重たわみ曲線を示したものである。マトリックスに初ひび割れが生じた後も荷重が増加するひずみ硬化形の変形挙動を示し、最大荷重に達した後も急激な強度の低下は見られず、鋼繊維混入による靱性の増大効果が現れている。

図-5 は 90℃および 200℃にて養生を行なった供試体の曲げタフネスの試験結果を示したものである。この図からも、繊維を混入することによる曲げタフネスの大幅な増大は明らかである。

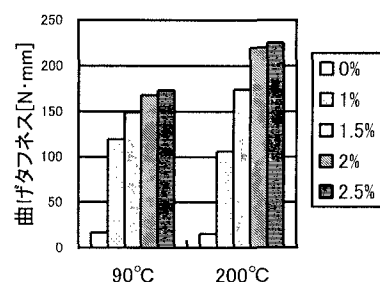


図-5 曲げタフネス計算結果



図-6 ひび割れ写真

図-6 は養生温度 90℃、繊維混入率 2.5%の供試体において、たわみが 2mm となるまで負荷を行なった後のひび割れ先端部を示したものである。低い繊維混入率での供試体においては見られなかった、ひび割れ先端部からの微細なひび割れの発生が認められたが、曲げひび割れが多数発生している様子は認められなかった。

図-7 は、供試体を完全に破断させたときの破断面を示したものであるが、繊維はすべて引き抜かれていることが分かる。RPC においてはマトリックスが高強度で、十分な付着強度も保持しているため、異形加工されていないストレート繊維でも、十分な架橋効果と、その後の引き抜けに伴うエネルギー吸収効果が得られているようである。



図-7 破断面写真

4. 結論

本研究において得られた結論をまとめると主に以下の通りである。

- (1) 繊維混入率を 2.5%まで増加させたときでも、ファイバーボールの形成は見られず、均一な練混ぜが可能であった。
- (2) 繊維補強 RPC の圧縮強度はマトリックス強度よりも若干高い圧縮強度を示した。また、繊維を混入することによる圧縮タフネスの増加が確認された。
- (3) 鋼繊維を混入することにより RPC の曲げ強度は著しく増大した。また、繊維混入率をある程度大きくすることにより、荷重たわみ曲線はひずみ硬化型の曲線を示し、曲げタフネスも大幅に増大した。